



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁷ : G01J 9/02	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/09978 (43) Date de publication internationale: 24 février 2000 (24.02.00)
---	-----------	--

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/01967

(22) Date de dépôt international: 11 août 1999 (11.08.99)

(30) Données relatives à la priorité:
98/10329 12 août 1998 (12.08.98) FR

(71) Déposants (pour tous les Etats désignés sauf US): COMMIS-SARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31-33, rue de la Fédération, F-75752 Paris 15ème (FR). COMPAGNIE GENERALE DES MATIERES NUCLEAIRES [FR/FR]; 2, rue Paul Dautier, F-78140 Velizy-Villacoublay (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): CHAPPUIS, Christian [FR/FR]; 31 bis, rue Saint Thibault, F-91640 Fontenay les Briis (FR). CHEVALIER, Michel [FR/FR]; 17, rue du Bois des Gaules, F-78720 La Celle les Bordes (FR). CORMONT, Philippe [FR/FR]; 35, rue de la Glacière, F-75013 Paris (FR). VIALA, François [FR/FR]; 295, rue du Faubourg Saint Antoine, F-75011 Paris (FR).

(74) Mandataire: DES TERMES, Monique; Brevatome, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).

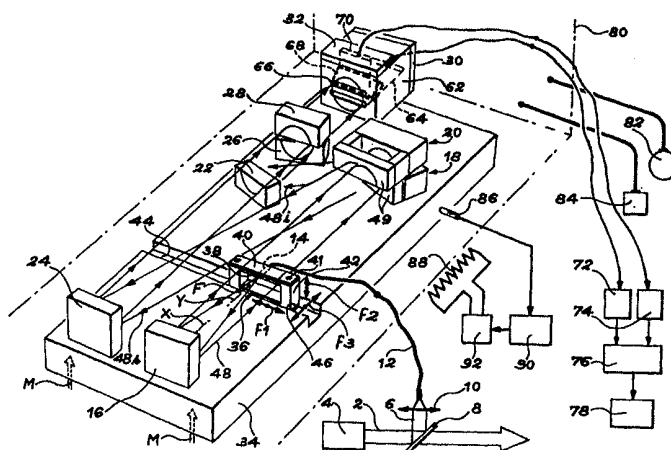
(81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: APPARATUS FOR MEASURING A LIGHT BEAM WAVELENGTH

(54) Titre: APPAREIL DE MESURE DE LA LONGUEUR D'ONDE D'UN FAISCEAU LUMINEUX



(57) Abstract

The invention concerns an apparatus for measuring a light beam wavelength comprising at least a Fizeau wedge (18, 20) delimited by first and second plates, means (30, 32) for high resolution detection of interference fringes resulting from the light beam reflections on the internal surfaces of the plates, means (72, 74, 76) for processing electric signals, generated by the detecting means, for computing the beam wavelength, and means for transforming the beam into a slightly divergent spherical light wave and for illuminating the Fizeau wedge with said wave.

(57) Abrégé

Cet appareil de mesure de la longueur d'onde d'un faisceau lumineux comprend au moins un coin de Fizeau (18, 20) délimité par des première et deuxième lames, des moyens (30, 32) de détection, à haute résolution, de franges d'interférence résultant de réflexions du faisceau lumineux sur les faces internes des lames, des moyens (72, 74, 76) de traitement des signaux électriques, engendrés par les moyens de détection, pour calculer la longueur d'onde du faisceau, et des moyens (12, 16) pour transformer le faisceau en une onde lumineuse sphérique légèrement divergente et pour éclairer le coin de Fizeau avec cette onde.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce			TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	ML	Mali	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MN	Mongolie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MR	Mauritanie	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MW	Malawi	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	MX	Mexique	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Pays-Bas	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NO	Norvège	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	NZ	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun			PL	Pologne		
CN	Chine	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CZ	République tchèque	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DK	Danemark	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
EE	Estonie	LR	Libéria	SG	Singapour		

APPAREIL DE MESURE DE LA LONGUEUR D'ONDE D'UN FAISCEAU LUMINEUX

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

5 La présente invention concerne un appareil
de mesure de la longueur d'onde d'un faisceau lumineux.

 Elle s'applique notamment aux faisceaux
lasers, par exemple à ceux qui sont utilisés en
spectroscopie ou pour la séparation isotopique par
10 laser.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

 On connaît déjà des appareils de mesure de
la longueur d'onde d'un faisceau lumineux par le
document (1) qui, comme les autres documents cités par
15 la suite, est mentionné à la fin de la présente
description.

 On connaît aussi, par les documents (2),
(3) et (4), un tel appareil qui comprend un coin de
Fizeau (« Fizeau wedge ») ayant une lame d'entrée à
20 faces parallèles, ce coin de Fizeau étant utilisé en
réflexion. Cet appareil permet de mesurer la longueur
d'onde d'un faisceau lumineux de manière absolue et
avec précision mais pose un problème de fiabilité des
mesures.

25 Le document (5) propose d'améliorer la
précision de l'appareil connu par les documents (2) à
(4) en modifiant la forme du coin de Fizeau.

Le document (6) divulgue l'existence de problèmes de réflexions parasites sur le coin de Fizeau de l'appareil connu par les documents (2) à (4) et, pour résoudre ces problèmes, propose d'utiliser un coin
5 de Fizeau ayant une lame d'entrée à faces non parallèles.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a pour objet un appareil de mesure de la longueur d'onde d'un faisceau
10 lumineux, qui est fiable et plus simple à fabriquer que les appareils connus par les documents (5) et (6), le problème des réflexions parasites n'étant d'ailleurs pas posé dans le document (5).

Les auteurs de la présente invention ont
15 découvert que le manque de fiabilité de l'appareil connu par les documents (2) à (4) était lié aux réflexions parasites sur la face d'entrée du coin de Fizeau. Pour résoudre ce problème de fiabilité, l'invention propose une solution facile à mettre en
20 oeuvre du point de vue technologique à partir de la configuration décrite dans les documents (2) à (4), à savoir d'éclairer le coin de Fizeau d'un appareil du genre de celui qui est décrit dans ces documents par une onde lumineuse sphérique et légèrement divergente.
25 Ceci n'est nullement évident au vu de l'état de la technique car, selon le principe des interféromètres de Fizeau, il faut éclairer le coin de Fizeau avec une onde plane, tout écart à un tel éclairage se traduisant par la création d'aberrations.

30 De façon précise, la présente invention a pour objet un appareil de mesure de la longueur d'onde

d'un faisceau lumineux, cet appareil comportant un ensemble de mesure interférométrique comprenant :

- au moins un coin de Fizeau délimité par des première et deuxième lames fixes, transparentes et faiblement inclinées l'une par rapport à l'autre, le faisceau lumineux traversant le coin de Fizeau selon un chemin optique de longueur déterminée et pénétrant dans ce coin de Fizeau par la première lame, la face externe de cette première lame étant traitée anti-reflet, et
 - des moyens de détection, à haute résolution, de franges d'interférence résultant de réflexions du faisceau lumineux sur les faces internes respectives des première et deuxième lames, ces moyens de détection engendrant des signaux électriques correspondant à ces franges d'interférence,
- l'appareil comportant aussi des moyens de traitement de ces signaux électriques, ces moyens de traitement étant aptes à calculer la longueur d'onde du faisceau lumineux à partir des positions des maxima des signaux électriques,
- cet appareil étant caractérisé en ce que l'ensemble de mesure interférométrique comprend en outre des moyens de transformation optique prévus pour transformer le faisceau lumineux en une onde lumineuse sphérique légèrement divergente et pour éclairer le coin de Fizeau avec cette onde de manière à éliminer les incertitudes de mesure résultant de réflexions parasites sur la première lame.

Un traitement anti-reflet de la face externe de la première lame ne permet pas d'éliminer complètement les réflexions parasites pour toutes les longueurs d'onde. Les incertitudes de mesure dues à ces réflexions parasites diminuent fortement en éclairant

le coin de Fizeau avec l'onde sphérique légèrement divergente. Certes, un tel éclairnement provoque une modulation de l'amplitude des franges d'interférence à une fréquence spatiale très supérieure à celle engendrée par l'éclairnement par une onde plane. Cette
5 fréquence est suffisante pour que la valeur moyenne du pas des franges ne soit plus affectée par cette modulation.

Selon un mode de réalisation préféré de
10 l'appareil objet de l'invention, les moyens de transformation optique comprennent :

- des moyens de formation, à partir du faisceau lumineux, d'un faisceau divergeant à partir d'un point, et
- 15 - des moyens de collimation prévus pour recevoir ce faisceau divergeant à partir d'un point et transformer celui-ci en l'onde lumineuse sphérique légèrement divergente, ces moyens de collimation ayant un foyer légèrement espacé, d'une distance
20 déterminée, dudit point.

Les moyens de collimation peuvent comprendre une lentille de collimation mais ils comprennent de préférence un miroir sphérique ou parabolique.

25 Les moyens de formation du faisceau divergeant à partir dudit point peuvent comprendre un masque percé d'un trou, ce trou étant placé au foyer d'un objectif tel qu'un objectif de microscope (recevant le faisceau dont on veut mesurer la longueur
30 d'onde), mais ils comprennent de préférence une fibre optique prévue pour transporter le faisceau lumineux, ledit point étant situé en une face d'extrémité de cette fibre optique.

De manière à s'affranchir du problème de la variation du pas des franges d'interférence avec les aberrations du front d'onde incident sur le coin de Fizeau, les moyens de détection sont de préférence placés dans un plan particulier, appelé "plan de coupe" ou "plan de shearing", correspondant au coin de Fizeau. Au sujet de ce plan, on consultera les documents (1), (3) et (4).

De préférence, pour mesurer la longueur d'onde du faisceau lumineux de manière absolue avec une précision très grande, susceptible d'être égale à 6×10^{-8} , l'appareil objet de l'invention comprend deux coins de Fizeau destinés à être éclairés par l'onde lumineuse sphérique légèrement divergente, les moyens de détection étant prévus pour détecter les franges d'interférence correspondant à ces deux coins de Fizeau. Une telle précision de 6×10^{-8} est requise pour mesurer la longueur d'onde d'une source laser en régime pulsé, dans le cas de la séparation isotopique par laser ou de la spectroscopie.

De préférence également, ledit ensemble de mesure interférométrique comprend en outre des moyens de compensation du chromatisme susceptible d'être introduit par la première lame correspondant à chaque coin de Fizeau.

Les moyens de détection peuvent comprendre avantageusement une barrette de photodiodes pour chaque coin de Fizeau.

Pour s'affranchir des variations d'indice de réfraction de l'air, chaque coin de Fizeau est de préférence sous vide ("vacuum"). Pour ce faire, il est possible de faire le vide dans l'espace compris entre les deux lames correspondant à chaque coin de Fizeau.

Cependant, selon un mode de réalisation préféré, particulièrement intéressant lorsque l'ensemble de mesure interférométrique est compact, l'appareil objet de l'invention comprend en outre une enceinte étanche
5 munie de moyens pour y faire le vide et enfermant l'ensemble de mesure interférométrique.

De préférence, en vue d'une stabilité à long terme de l'appareil objet de l'invention, celui-ci comprend en outre un socle, qui est prévu pour
10 supporter l'ensemble de mesure interférométrique, et des moyens de stabilisation mécanique de ce socle.

En vue de cette stabilité à long terme, il est également préférable que l'appareil objet de l'invention comprenne en outre des moyens de maintien
15 de l'ensemble de mesure interférométrique à une température constante.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation
20 donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective schématique d'un mode de réalisation particulier
25 de l'appareil de mesure de longueur d'onde objet de l'invention et
- la figure 2 est une vue de dessus schématique et partielle de cet appareil.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

L'appareil conforme à l'invention représenté sur ces figures 1 et 2 est destiné à mesurer la longueur d'onde d'un faisceau lumineux 2 émis par un laser 4. Une partie 6 de ce faisceau 2 est prélevée par exemple grâce à un miroir semi-réfléchissant 8 placé à 45° du faisceau 2. Le faisceau lumineux constitué par cette partie 6 est utilisé pour mesurer la longueur d'onde du faisceau 2 avec l'appareil.

Ce faisceau 6 est injecté par l'intermédiaire d'une lentille 10 dans une extrémité d'une fibre optique 12 de préférence monomode. L'autre extrémité de la fibre optique 12 est montée dans un embout 14 (« ferrule »).

L'appareil des figures 1 et 2 comprend un miroir sphérique ou parabolique 16, deux coins de Fizeau superposés 18 et 20, deux miroirs 22 et 24, deux lames de compensation superposées 26 et 28 et deux barrettes de photodiodes 30 et 32.

Le miroir 16, les coins de Fizeau 18 et 20, les miroirs 22 et 24, les lames de compensation 26 et 28 et les barrettes de photodiode 30 et 32 sont placés sur un socle 34.

L'embout 14 de la fibre optique 12 est fixé dans un support 36 comprenant des lames inférieure 38 et supérieure 40 pourvues de rainures en forme de V en regard l'une de l'autre. L'embout est immobilisé entre ces deux rainures lorsque la lame supérieure 40 est fixée, par exemple par des vis 41, à la lame inférieure 38. Le support 36 comprend également une base 42 sur laquelle sont fixées les deux lames 38 et 40. Cette base 42 est mobile suivant trois degrés de liberté sur

le socle 34 en regard du miroir 16 : dans l'exemple représenté le socle 34 comprend une rainure 44 perpendiculaire à l'axe X du miroir 16 et la base 42 est apte à coulisser dans cette rainure 44 (suivant la flèche f1) ; la base 42 est aussi réglable en hauteur (suivant la flèche f2) par rapport au socle 34 par exemple grâce à des cales amovibles 46 de faible épaisseur, interposées entre cette base et le fond de la rainure ; de plus cette rainure a une largeur suffisante pour pouvoir faire varier la position en translation de cette base 42 dans la rainure 44 (ce que l'on a symbolisé par la flèche f3).

On règle le support 36 de façon que l'axe Y de l'extrémité de la fibre placée dans l'embout 14 soit confondu avec l'axe X du miroir 16 et que le point d'intersection de l'axe Y avec la face de cette extrémité soit décalé longitudinalement de quelques centaines de micromètres, typiquement 600 μm , du foyer F de ce miroir 16. Le faisceau lumineux divergent issu de cette extrémité est alors réfléchi par le miroir 16 sous la forme d'une onde lumineuse sphérique formant un faisceau légèrement divergent 48 (au lieu d'être précisément collimaté si ce point d'intersection était exactement au foyer F).

Les deux lames 38 et 40 sont suffisamment minces (chacune d'elles a par exemple une épaisseur de deux millimètres) pour n'intercepter qu'une très faible partie du faisceau légèrement divergent 48 réfléchi par le miroir 16.

L'extrémité de la fibre optique placée dans l'embout 14 est comprise entre le miroir 16 et les deux coins de Fizeau superposés 18 et 20 comme on le voit sur la figure 1. Le faisceau légèrement divergent 48

réfléchi par le miroir 16 atteint donc ces deux coins de Fizeau. Plus précisément, la partie supérieure 48s (respectivement inférieure 48i) de ce faisceau 48 est réfléchi par le coin de Fizeau supérieur (respectivement inférieur 18) vers le miroir plan 24 (respectivement 22).

La figure 2 montre schématiquement le coin de Fizeau inférieur 18 mais ce schéma est valable pour le coin de Fizeau supérieur 20. On voit que chaque coin de Fizeau est délimité par deux lames 49 et 50 en silice. La lame 49 constitue la lame d'entrée du coin de Fizeau et a des faces parallèles et une épaisseur par exemple égale à 10 mm. La face externe ou face d'entrée 52 de cette lame 49, face qui reçoit le faisceau réfléchi par le miroir 16, est recouverte d'une couche anti-reflet non représentée. Les faces internes respectives 54 et 56 des deux lames 49 et 50 ont une planéité de $\lambda/100$ crête à crête, λ étant la longueur d'onde d'un laser de test (633 nm). De plus ces faces internes 54 et 56 font entre elles un angle aigu α de faible valeur, typiquement 2/1000 radian. Des cales d'épaisseur 58 et 60 en verre de type zérodur sont intercalées entre les deux lames 49 et 50 et ont une épaisseur de l'ordre de 1 mm pour le coin de Fizeau supérieur 20 et de 20 mm pour le coin de Fizeau inférieur 18. Ces cales d'épaisseur 58 et 60 sont fixées aux lames 49 et 50 par adhérence moléculaire.

Les cales 58 et 60 d'un même coin n'ont bien entendu pas exactement la même épaisseur, car l'angle α est non nul.

Le coin de Fizeau supérieur 20 est fixé au coin de Fizeau inférieur 18 par adhérence moléculaire de leurs lames respectives 50. De plus, le coin de

Fizeau inférieur 18 est fixé au socle 34 par adhérence moléculaire de la lame correspondante 50. Les deux lames 50 peuvent avoir une grande épaisseur égale par exemple à 25 mm.

5 La lumière provenant du coin 18 (respectivement 20) et réfléchi par le miroir 22 (respectivement 24) traverse la lame compensatrice 26 (respectivement 28). Ces lames compensatrices corrigent le chromatisme introduit par les lames 49 des deux
10 coins de Fizeau. Cette correction de chromatisme peut être améliorée en introduisant des coefficients de chromatisme de l'ensemble de l'appareil, coefficients que l'on peut calculer pendant la phase d'étalonnage de cet appareil.

15 Les ondes lumineuses réfléchies par les faces internes 54 et 56 de chaque coin de Fizeau 18 ou 20 interfèrent l'une avec l'autre pour former, après avoir traversé la lame compensatrice correspondante 26 ou 28, des franges d'interférence sur la barrette de
20 photodiodes correspondante 30 ou 32. Chaque barrette de photodiode est placée au plan de shearing du coin de Fizeau correspondant (voir à ce sujet les documents (1), (3) et (4) : on rappelle que, pour un coin de Fizeau donné, le plan de shearing est le plan en lequel
25 sont confondues les images des points des faces internes 54 et 56 où se réfléchit le faisceau 48, comme par exemple les points A et B de la figure 2). Les orientations et positions relatives des coins de Fizeau, des miroirs plans, des lames compensatrices et
30 des barrettes de photodiodes (prévues pour capter respectivement les franges d'interférence qui leur correspondent) sont prévues à cet effet.

Les hauteurs et agencements relatifs des miroirs 22 et 24 sont prévus pour que les parties de faisceau inférieure 48i et supérieure 48s, qui sont réfléchies par les deux coins de Fizeau, reconstituent
5 le faisceau 48 au-delà du miroir 22. Ensuite, chacune des parties inférieure et supérieure du faisceau 48 traverse la lame compensatrice correspondante et atteint la barrette de photodiodes correspondante.

Dans l'exemple représenté sur la figure 1,
10 les barrettes 30 et 32 sont montées sur un bloc 62 traversé par une fente inférieure 64 dont une extrémité reçoit la partie inférieure 48i du faisceau 48 et dont l'autre extrémité est en regard de la barrette de photodiodes correspondante 30 pour transmettre à celle-
15 ci la partie 48i par l'intermédiaire de la fente 64. Ce bloc 62 est pourvu d'une autre fente 66 située au-dessus de la fente 64 et prévue pour recevoir la partie supérieure 48s du faisceau 48. Cette fente 66 débouche, dans le bloc 60, sur un miroir plan 68 à 45° qui reçoit
20 aussi cette partie supérieure et la réfléchit vers la barrette de photodiodes correspondante 32 à travers une autre fente 70 du bloc 62.

Le miroir 16, le miroir 22, le miroir 24 et la lame de compensation 26 sont en silice et fixés au
25 socle 34 en silice par adhérence moléculaire. La lame 28 est en silice et fixée par adhérence moléculaire à la lame 26. Le socle 34 est placé sur trois amortisseurs dont deux seulement sont représentés sur la figure 1 et symbolisés par des flèches M. Ces
30 amortisseurs forment un appui stable « trait, point, plan ». L'ensemble de ces trois amortisseurs permet d'absorber les vibrations extérieures et d'éliminer les contraintes mécaniques. On assure ainsi une très bonne

stabilité mécanique pour le socle 34 et les composants qui se trouvent sur ce dernier. D'autres dispositifs sont bien entendu possibles pour assurer la stabilité mécanique du socle 34.

5 A titre purement indicatif et nullement limitatif, les barrettes de photodiodes sont des barrettes de 1024 pixels, du genre de celles qui sont commercialisées par la société Reticon. Les pixels de ces barrettes ont une hauteur de 2,5 mm pour une
10 largeur de 25 μ m, ce qui procure une sensibilité suffisante pour ne pas avoir à utiliser des lentilles de focalisation.

 Les signaux électriques respectivement fournis par les barrettes de photodiodes sont
15 caractéristiques des franges d'interférence correspondantes. Le signal électrique fourni par la barrette 30 (respectivement 32) est envoyé à une carte électronique 72 (respectivement 74) d'amplification de ce signal. Les signaux ainsi amplifiés sont envoyés à
20 un ordinateur 76 qui calcule la longueur d'onde du faisceau lumineux 2 émis par le laser 4 en utilisant l'algorithme relatif à l'appareil décrit dans les documents (2) à (4) auxquels on se reportera. Cet ordinateur est muni de moyens 78 d'affichage des
25 calculs.

 On précise que l'utilisation des deux coins de Fizeau permet une mesure de longueur d'onde beaucoup plus précise que si l'on utilisait un seul coin de Fizeau étant donné que l'intervalle compris entre les
30 deux lames du coin de Fizeau supérieur est beaucoup plus grand que l'intervalle correspondant du coin de Fizeau inférieur, environ 20 fois plus grand dans l'exemple décrit. Le coin de Fizeau inférieur coopère

avec la barrette de photodiodes correspondante pour mesurer le pas des franges, d'où une valeur approximative de la longueur d'onde du faisceau 2 émis par le laser 4. Au moyen de cette valeur approximative, on numérote les franges. Les numéros dépendent des épaisseurs traversées. On aboutit à une deuxième estimation de la longueur d'onde avec une précision améliorée. Avec cette deuxième estimation, on sait numéroté les franges correspondant au coin de Fizeau supérieur dont l'épaisseur est plus grande.

Le socle 34 ainsi que tous les éléments qui se trouvent sur ce socle sont placés dans une enceinte étanche 80 munie de moyens de pompage 82 pour y faire le vide. Des moyens 84 de mesure de la pression dans cette enceinte sont également prévus. On précise que cette enceinte 80 (dont l'utilisation est facilitée par l'agencement compact de l'appareil de la figure 1) possède des passages étanches pour le pompage et pour la mesure de la pression, pour le passage de la fibre optique 12, pour les liaisons des barrettes de photodiodes à leurs cartes électroniques et pour la liaison d'une sonde de température à des moyens de régulation dont il est question ci-après.

L'intérieur de l'enceinte 80 est maintenu à une température stable à mieux qu'un dixième de degré. Cette température est surveillée par une sonde de température 86 placée sur le socle 34, dans l'enceinte 80. La stabilité en température s'obtient en plaçant l'enceinte à vide 80 dans une deuxième enceinte de régulation thermique non représentée. Cette régulation thermique s'effectue à l'aide de résistances chauffantes 88 qui sont comprises entre l'enceinte 80 et l'enceinte de régulation thermique et de la sonde de

température 86. Une température de consigne est indiquée à un régulateur électronique 90 qui enclenche le fonctionnement des résistances chauffantes dès que la température mesurée par la sonde 86 devient inférieure à la température de consigne. Un appareil électronique 92 appelé "gradateur" est connecté entre le régulateur 90 et les résistances 88 et permet une mise en marche progressive de ces résistances.

La stabilité à long terme de l'appareil des figures 1 et 2 est assurée par la mise sous vide des composants placés sur le socle 34. Il est préférable que les cartes électroniques d'amplification 72 et 74 soient également dans l'enceinte 80 sous vide en vue de cette stabilité. La régulation de la température et l'absorption des vibrations contribuent aussi à cette stabilité à long terme. Cette stabilité permet de ne pas avoir à effectuer régulièrement un étalonnage de l'appareil. On précise que ce dernier est étalonné à partir des franges d'interférence relatives à l'émission de sources lasers dont les caractéristiques spectrales sont connues.

Si l'on souhaite une précision inférieure à 6×10^{-8} sur la mesure de la longueur d'onde, par exemple une précision de 3×10^{-6} , il est possible de simplifier l'appareil en utilisant un seul coin de Fizeau ainsi que le miroir plan, la lame compensatrice et la barrette de photodiodes correspondant à ce coin de Fizeau.

De plus, au lieu des moyens de stabilisation de température mentionnés plus haut, on peut placer l'appareil dans une pièce climatisée, mesurer la température dans cette dernière et corriger

la mesure de longueur d'onde en fonction de la température mesurée.

L'invention n'est pas limitée à la mesure de la longueur d'onde d'un faisceau laser. Elle s'applique également à la mesure de la longueur d'onde d'un faisceau lumineux qui n'est pas parfaitement cohérent. L'invention n'est pas non plus limitée à la mesure de la longueur d'un faisceau lumineux parfaitement monochromatique. Elle s'applique également à des mesures de sources lumineuses à plusieurs raies en modifiant de façon appropriée l'algorithme.

Le faisceau dont on mesure la longueur d'onde peut être visible ou invisible (infrarouge et ultraviolet). De plus, il peut être continu ou impulsionnel.

Les documents cités dans la présente description sont les suivants :

- (1) J.J. Snyder, Laser wavelength meter, Laser Focus, vol.18, 1982, p.55
- (2) J.J. Snyder, Apparatus and method for determination of wavelength : brevet US 4,173,442
- (3) J.J. Snyder, Algorithm for fast digital analysis of interference fringes, Applied Optics, vol.19, n°8, 1980, p.1223
- (4) M.B. Morris, T.J. Mellrath and J.J. Snyder, Fizeau wavemeters for pulsed laser wavelength measurements, Applied Optics, vol.23, n°21, 1984, p.3862

(5) R.P. Hackel and M. Feldman, Wavelength meter having elliptical wedge : brevet US 5,168,324

(6) R. Spolaczyk and K.E. Elssner : brevet DD290051.

REVENDICATIONS

1. Appareil de mesure de la longueur d'onde d'un faisceau lumineux (2), cet appareil comportant un ensemble de mesure interférométrique comprenant :
- 5 - au moins un coin de Fizeau (18, 20) délimité par des première et deuxième lames fixes, transparentes et faiblement inclinées l'une par rapport à l'autre, le faisceau lumineux traversant le coin de Fizeau selon un chemin optique de longueur déterminée et pénétrant
- 10 dans ce coin de Fizeau par la première lame, la face externe de cette première lame étant traitée anti-reflet, et
- des moyens (30, 32) de détection, à haute résolution, de franges d'interférence résultant de réflexions du
- 15 faisceau lumineux sur les faces internes respectives des première et deuxième lames, ces moyens de détection engendrant des signaux électriques correspondant à ces franges d'interférence,
- l'appareil comportant aussi des moyens (72, 74, 76) de
- 20 traitement de ces signaux électriques, ces moyens de traitement étant aptes à calculer la longueur d'onde du faisceau lumineux à partir des positions des maxima des signaux électriques,
- cet appareil étant caractérisé en ce que l'ensemble de
- 25 mesure interférométrique comprend en outre des moyens de transformation optique (12, 16) prévus pour transformer le faisceau lumineux en une onde lumineuse sphérique légèrement divergente et pour éclairer le coin de Fizeau avec cette onde de manière à éliminer
- 30 les incertitudes de mesure résultant de réflexions parasites sur la première lame.

2. Appareil selon la revendication 1, dans lequel les moyens de transformation optique comprennent :

- 5 - des moyens (12) de formation, à partir du faisceau lumineux, d'un faisceau divergeant à partir d'un point, et
- 10 - des moyens de collimation (16) prévus pour recevoir ce faisceau divergeant à partir d'un point et transformer celui-ci en l'onde lumineuse sphérique légèrement divergente, ces moyens de collimation ayant un foyer (F) légèrement espacé, d'une distance déterminée, dudit point.

3. Appareil selon la revendication 2, dans lequel les moyens de collimation comprennent un miroir
15 sphérique ou parabolique (16).

4. Appareil selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, dans lequel les moyens de formation comprennent une fibre optique (12) prévue pour transporter le faisceau lumineux, ledit point
20 étant situé en une face d'extrémité de cette fibre optique.

5. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel les moyens de détection (30, 32) sont placés dans le plan de shearing
25 correspondant au coin de Fizeau (18, 20).

6. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant deux coins de Fizeau (18, 20) destinés à être éclairés par l'onde lumineuse sphérique légèrement divergente, les moyens de
30 détection (30, 32) étant prévus pour détecter les franges d'interférence correspondant à ces deux coins de Fizeau.

7. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel l'ensemble de mesure interférométrique comprend en outre des moyens (26, 28) de compensation du chromatisme susceptible d'être
5 introduit par la première lame (49) correspondant à chaque coin de Fizeau (18, 20).

8. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel les moyens de détection comprennent une barrette de photodiodes (30,
10 32) pour chaque coin de Fizeau (18, 20).

9. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel chaque coin de Fizeau (18, 20) est sous vide.

10. Appareil selon la revendication 9, comprenant en outre une enceinte étanche (80) munie de
15 moyens (82) pour y faire le vide et enfermant l'ensemble de mesure interférométrique.

11. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comprenant en outre un socle
20 (34), qui est prévu pour supporter l'ensemble de mesure interférométrique, et des moyens (M) de stabilisation mécanique de ce socle.

12. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, comprenant en outre des moyens
25 (86, 88, 90, 92) de maintien de l'ensemble de mesure interférométrique à une température constante.

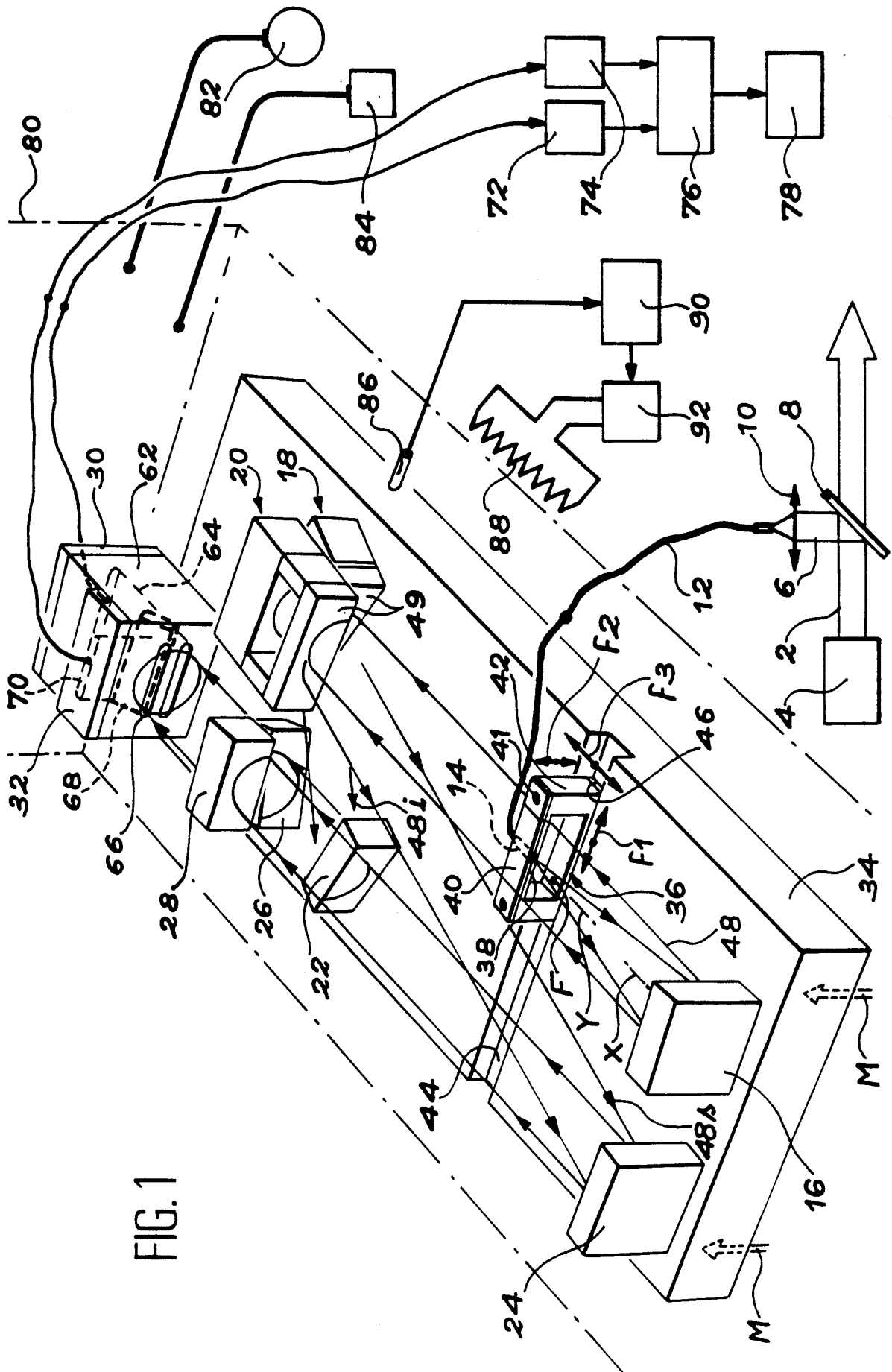


FIG. 1

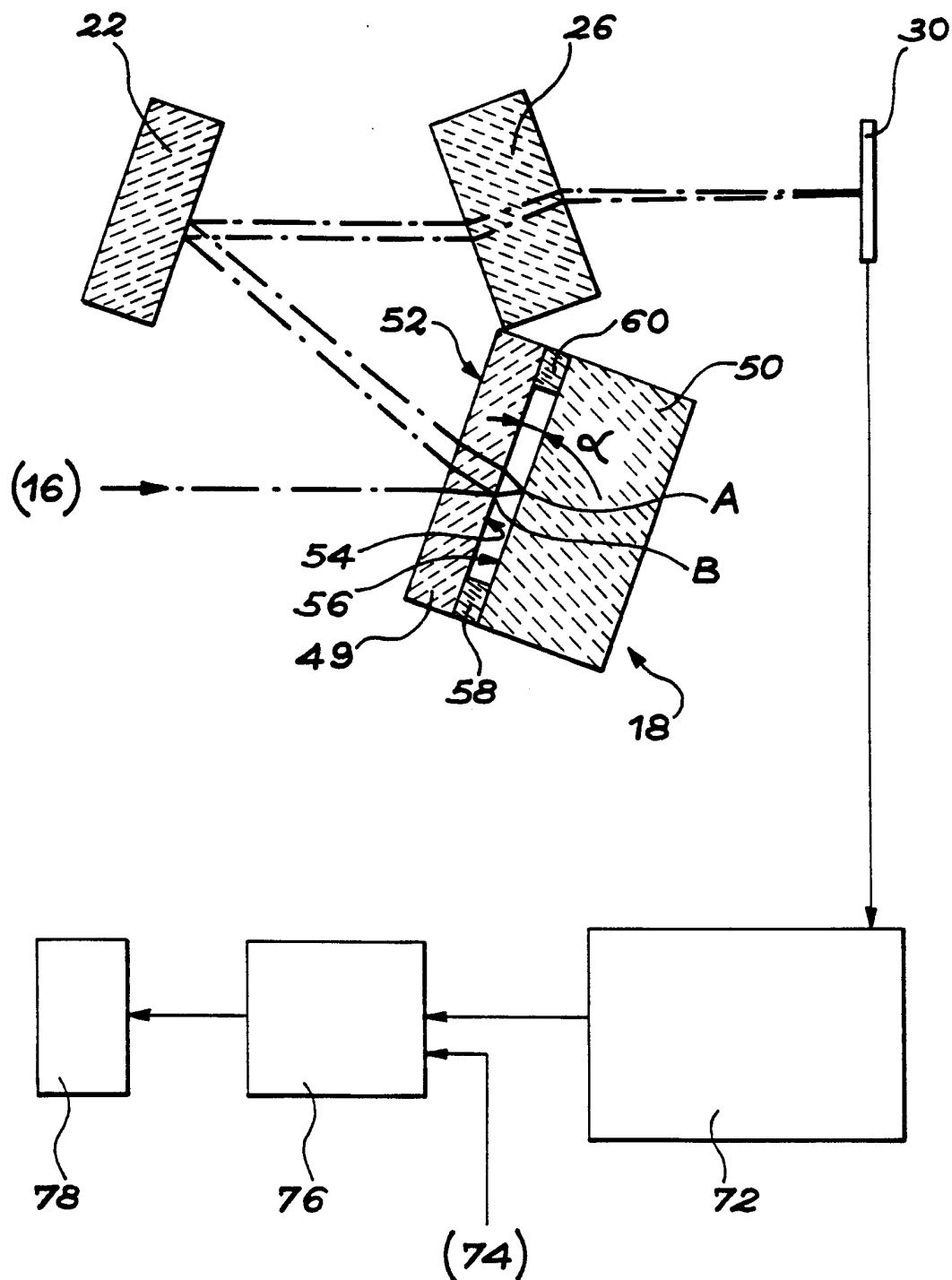


FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 99/01967

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01J9/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DD 290 051 A (AKAD WISSENSCHAFTEN DDR) 16 May 1991 (1991-05-16) cited in the application page 2, last paragraph -page 3 figure 1	1-12
A	MARK B. MORRIS ET AL.: "Fizeau wavemeter for pulsed laser wavelength measurement" APPLIED OPTICS., vol. 23, no. 21, 1 November 1984 (1984-11-01), pages 3862-3868, XP002103226 NEW YORK US cited in the application abstract figures 1,4,5	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 October 1999

Date of mailing of the international search report

18/10/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jacquin, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/01967

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DD 290051	A	16-05-1991	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De de Internationale No

PCT/FR 99/01967

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G01J9/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	DD 290 051 A (AKAD WISSENSCHAFTEN DDR) 16 mai 1991 (1991-05-16) cité dans la demande page 2, dernier alinéa -page 3 figure 1	1-12
A	MARK B. MORRIS ET AL.: "Fizeau wavemeter for pulsed laser wavelength measurement" APPLIED OPTICS., vol. 23, no. 21, 1 novembre 1984 (1984-11-01), pages 3862-3868, XP002103226 NEW YORK US cité dans la demande abrégé figures 1,4,5	1-12

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

11 octobre 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

18/10/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Jacquin, J

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

De: de Internationale No

PCT/FR 99/01967

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DD 290051	A	16-05-1991	AUCUN